

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AB

(11)Publication number : 2001-356226  
 (43)Date of publication of application : 26.12.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 2000-178773

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 14.06.2000

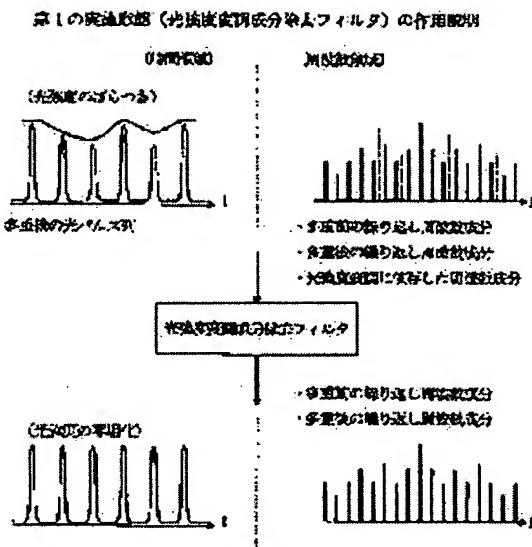
(72)Inventor : KATO MASAO  
OKAMOTO KATSUNARI  
INOUE YASUYUKI

## (54) OPTICAL FILTER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To decrease deterioration in communication quality caused by the modulation component of the light intensity superposed on the optical TDM signals which are optically multiplexed with time by removing the component, and to generate TL pulses in a desired waveform from a pulse light source which can not directly generate TL pulses.

**SOLUTION:** The transmission frequency band is discretely and periodically determined according to the repetition frequency of the input optical pulse train so that only the vertical mode component present in the frequency spectrum caused by the repetition frequency of the light pulses is transmitted but other frequency components as noise except for the vertical mode are removed. Or, the transmission frequency band is discretely and periodically determined according to the repetition frequency of the input optical pulse train and specified transmissivity is determined for each transmission frequency band to generate TL pulses corresponding to the envelope line form of the transmission spectrum.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3694636

[Date of registration] 01.07.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-356226  
(P2001-356226A)

(43)公開日 平成13年12月26日 (2001.12.26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 6/12

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/12

テ-マコ-ト<sup>8</sup> (参考)  
F 2 H 0 4 7  
Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L. (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-178773(P2000-178773)

(22)出願日 平成12年6月14日 (2000.6.14)

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
(72)発明者 加藤 正夫  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 岡本 勝就  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
(74)代理人 100072718  
弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

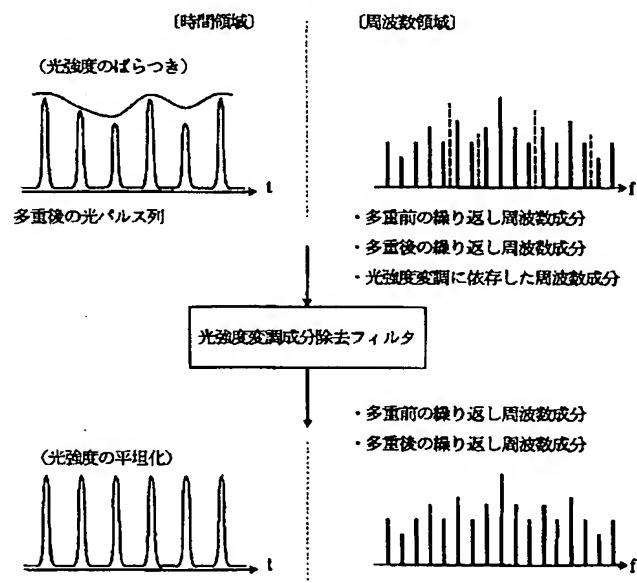
(54)【発明の名称】 光フィルタ

(57)【要約】

【課題】 光学的に時間多重した光TDM信号に重複される光強度変調成分を除去し、それに起因した通信品質の劣化を低減する。また、TSLパルスを直接発生できないパルス光源から任意の波形のTSLパルスを生成する。

【解決手段】 入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定し、光パルスの繰り返し周波数に起因する周波数スペクトルに内在する縦モード成分のみを透過し、ノイズとなる縦モード以外の周波数成分を除去する。また、入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定し、さらに各透過周波数帯域ごとに所定の透過率を設定して透過スペクトルの包絡線形状に対応するTSLパルスを生成する。

第1の実施形態(光強度変調成分除去フィルタ)の作用説明



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の周波数領域における光フィルタにおいて、

入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して離散的かつ周期的に設定された透過周波数帯域を有する構成であることを特徴とする光フィルタ。

【請求項2】 請求項1に記載の光フィルタにおいて、前記入力光パルス列を前記透過周波数帯域に対応する光周波数成分に分離する第1のアレイ導波路回折格子と、前記第1のアレイ導波路回折格子で分離された各光周波数成分を合波する第2のアレイ導波路回折格子とを備えたことを特徴とする光フィルタ。

【請求項3】 請求項2に記載の光フィルタにおいて、前記第1のアレイ導波路回折格子と前記第2のアレイ導波路回折格子との間に、前記各光周波数成分の位相を制御して光フィルタの分散補償を行う位相制御部を備えたことを特徴とする光フィルタ。

【請求項4】 光の周波数領域における光フィルタにおいて、

入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して離散的かつ周期的に設定された透過周波数帯域を有し、さらに各透過周波数帯域ごとに所定の透過率を設定して透過スペクトルの包絡線形状に対応するフーリエ変換限界パルス（T Lパルス）を生成する構成であることを特徴とする光フィルタ。

【請求項5】 請求項4に記載の光フィルタにおいて、前記入力光パルス列を前記透過周波数帯域に対応する光周波数成分に分離する第1のアレイ導波路回折格子と、前記第1のアレイ導波路回折格子で分離された各光周波数成分を合波する第2のアレイ導波路回折格子とを備え、

前記第1のアレイ導波路回折格子または前記第2のアレイ導波路回折格子の少なくとも一方に、各透過周波数帯域ごとに所定の透過率を設定する構成であることを特徴とする光フィルタ。

【請求項6】 請求項4に記載の光フィルタにおいて、前記第1のアレイ導波路回折格子と前記第2のアレイ導波路回折格子との間に、前記各光周波数成分の位相を制御して前記T Lパルスの生成に供する位相制御部を備えたことを特徴とする光フィルタ。

【請求項7】 請求項4～6のいずれかに記載の光フィルタにおいて、

前記透過周波数帯域ごとに所定の透過率を設定して形成される透過スペクトルの包絡線形状は、

ガウス分布型またはガウス分布に類似した型、 $\text{sech}^2$ 型または $\text{sech}^2$ 型に類似した型、

ローレンツ分布型またはローレンツ分布型に類似した型のいずれかであることを特徴とする光フィルタ。

【請求項8】 請求項3または請求項6に記載の光フィルタにおいて、

前記位相制御部は、前記各光周波数成分を導波する導波路の光路長を変化させる構成であることを特徴とする光フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光の周波数領域における光フィルタに関する。特に、光通信の信号光や光計測の計測光などの光パルスの波形整形に用いられる光フィルタに関する。

## 10 【0002】

【従来の技術】大容量光伝送システムでは、伝送容量拡大のために信号光を周波数領域で多重する波長多重（W DM）技術や、短光パルスを光学的に時間多重する光時分割多重（光T DM）技術が用いられている。

【0003】図10は、光T DMシステムの光送信器の構成例を示す。図において、パルス光源51は、繰り返し周波数 $f_r$ の光パルス列を発生する。この光パルス列の繰り返し周波数 $f_r$ を例えば10GHzとすると、そのパルス間隔は100psecとなる。この光パルス列は光分岐器52でN分岐され、それぞれ光変調器53-1～53-Nに入力される。各光変調器は、ビットレート $f_r$ の変調信号で駆動される。各光変調器で変調された信号光は、光遅延器54-1～54-Nでそれぞれ異なる遅延を与えられ、光結合器55で結合されることにより、ビットレート $N f_r$ の光T DM信号が生成される。 $f_r = 10\text{GHz}$ 、 $N = 10$ とすると、この光T DM信号のパルス間隔は10psecとなる。

【0004】この光送信器における多重度Nを上げるには、パルス光源51で生成する光パルスのパルス幅を狭くする必要がある。ただし、パルス光源51で生成可能な光パルスのパルス幅は、レーザ媒質の利得帯域幅に依存し、利得帯域幅が広いほど超短光パルスの発生が可能である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】図10に示す従来の光送信器では、光分岐器52の分岐比、光結合器55の結合比、各光遅延器54-1～54-Nの光路長差に応じた光損失の違いなどの要因により、時間多重した光T DM信号に信号成分ではない強度変調成分が重畠されることがある。このような光強度変調成分が重畠された信号により通信を行うと、次に示す問題が生じる。信号の

1, 0の判定は、光から電気へ光電変換を行った後に、電圧波形における波高値の $1/2$ に閾値を設定し、電圧の大小を識別する方法で行われる。このとき、上記の光強度変調成分が重畠した光信号では、光電変換後の電圧波形の波高値にばらつきが生じ、信号の識別閾値の設定が困難となる問題がある。

【0006】また、信号を周波数領域でみた場合には、上記の光強度変調成分に起因する周波数成分のノイズが50 信号に重畠され、通信品質が劣化する問題がある。ここ

で、時間多重された光TDM信号の時間領域における強度波形と、周波数領域におけるスペクトル波形を図11に模式的に示す。図11(a)に示すように、ある一定の繰り返し周波数をもつ光パルス列に光強度変調成分が重畠されると、その変調成分（光パルス列における強度の包絡線）をフーリエ変換した周波数成分が、図11(b)の破線で示すように重畠される。なお、図11(b)の実線は光パルスの中心波長および光パルス列の繰り返し周波数に起因する周波数成分を示す。

【0007】さらに、超高速での時間領域の計測や現象の解析、また超短光パルスがもつ超広帯域の光周波数スペクトルを利用した周波数域での計測や分光などの分野では、超短光パルスがフーリエ変換限界パルス（TLパルス）であることが要求される。このTLパルスとは、広義の意味において、パルス幅と周波数幅の積（時間バンド幅積）が最小となる状態のパルスである。この時間バンド幅積は概ね0.1~1.0の範囲にあり、パルス波形に依存して次のような値をとる。

【0008】

【表1】

パルス波形	時間バンド幅積
方形波形	0.886
三角形波形	0.540
ガウス型波形	0.441
sech <sup>2</sup> 型波形	0.315
ローレンツ型波形	0.11

【0009】しかし、通常のパルス光源からTLパルスを直接発生させることは容易でなく、またTLパルスを発生できるパルス光源はアライメントおよびコスト面において問題がある。

【0010】本発明は、光学的に時間多重した光TDM信号に重畠される光強度変調成分を除去し、それに起因した通信品質の劣化を低減することができる光フィルタを提供することを目的とする。

【0011】また、本発明は、TLパルスを直接発生できないパルス光源から任意の波形のTLパルスを生成することができる光フィルタを提供することを目的とす

る。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の光フィルタは、入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定する。すなわち、光パルスの繰り返し周波数に起因する周波数スペクトルに内在する縦モード成分のみを透過し、ノイズとなる縦モード以外の周波数成分を除去するように設定する。これにより、光TDM信号に重畠された光強度変調成分を除去することができる。

【0013】ここで、本発明の光フィルタが有する特性の利点について、光パルスの周波数スペクトラム特性に基づいて簡単に説明する。光パルスの裾がある有限幅で消滅するような搬送周波数 $\omega_c$ の単一パルスについて、時間をパラメータにして記述すると、

$$E_s(t) = \exp(j\omega_c t) g(t) \quad \cdots(1)$$

と表される。 $g(t)$ は包絡線波形に対応する。この単一パルスのもつ周波数スペクトルは、(1)式をフーリエ変換することにより求められる。

【0014】

【数1】

$$\begin{aligned} E_s(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} E_s(t) \exp(-j\omega t) dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} g(t) \exp(-j(\omega - \omega_c)t) dt \\ &= G(\omega - \omega_c) \end{aligned} \quad \cdots(2)$$

【0015】ここで、 $G(\omega)$ は、 $g(t)$ のフーリエ変換を示す。したがって、周波数スペクトルは、光パルスの時間波形に起因したある形状の連続的なスペクトルとなる。

【0016】一方、光パルスが周期Tで表れる場合の周波数スペクトルを考える。周期Tは、光パルスの裾がかかる程度に広いとする。光パルスを1つ取り出し、(1)式にならって

$$\begin{aligned} E_r(t) &= \exp(j\omega_c t) g(t) \\ &\quad (-T/2 < t < T/2) \end{aligned} \quad \cdots(3)$$

のように表記する。(3)式が周期Tで表れる関数を $\exp(j(\omega_c + 2n\pi/T)t)$ を基底としてフーリエ展開すると、

【0017】

【数2】

$$E_r(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \exp(j(\omega_c + 2n\pi/T)t) \quad \cdots(4)$$

$$\begin{aligned} C_n &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} E_r(t) \exp(-j(\omega_c + 2n\pi/T)t) dt \\ &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \exp(j\omega_c t) g(t) \cdot \exp(-j(\omega_c + 2n\pi/T)t) dt \\ &= \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \cdot \exp(-j(2n\pi/T)t) dt \quad \cdots(5) \end{aligned}$$

【0018】となる。ここで、 $t < -T/2$ ,  $t > T/2$  で  $g(t) = 0$  と見なすことができる。この(5)式は、

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{\infty} g(t) \cdot \exp(-j(2n\pi/T)t) dt \quad \cdots(6)$$

【0020】と表すことができる。この(6)式は、 $g(t)$  のフーリエ変換に他ならず、

【0021】

【数4】

$$C_n = \frac{1}{T} G\left(\frac{2n\pi}{T}\right) \quad \cdots(7)$$

【0022】となる。したがって、(4)式と(7)式から求める周波数スペクトルは、 $\omega_c$  を中心とし、間隔  $2\pi/T$  で、大きさが  $(1/T) G(2n\pi/T)$  の離散的な線スペクトルとなる。

【0023】なお、この包絡線は光パルス列を構成する単一パルスの連続的な周波数スペクトルと相似形になる。図12(a)は単一パルスの周波数スペクトルを示し、図12(b)は繰り返し周波数Tの光パルス列の周波数スペクトルを示す。これにより、光パルス列を光フィルタで波形整形する場合には、光フィルタの透過周波数帯域は、離散的かつ周期的な帯域を有することが望ましいことがわかる。一方、透過スペクトルの包絡線は、時間波形の形状と相関があるので、透過スペクトル波形を制御することにより、時間波形を制御できることがわかる。

【0024】したがって、光TDM信号に重畠された光強度変調成分を周波数領域で除去することにより、時間領域での光強度変調成分を取り除くことができ、一様な強度の光パルス列の生成が可能となる。なお、本発明の光フィルタの離散的かつ周期的に設定することにより、任意のパルス光源に適用することができる。

【0025】また、本発明の光フィルタは、透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定するとともに、各透過周波数帯域における透過率を任意に設定する。これにより、透過スペクトルの包絡線形状に対応するTレパルスを生成することができる。すなわち、表1に示すような

波形を含む任意の時間波形を生成することができる。

【0026】さらに、上記の縦モード成分のみを分離することにより、透過周波数帯域内の光は複数の線スペク

トル光となるので、伝搬時間の遅延はすべて位相に置き換えることができる。したがって、各透過周波数帯域ごとに位相制御部を設けることにより、各透過周波数帯域内の伝搬時間の遅延差は、0から  $2\pi$  または  $-\pi$  から  $\pi$  までの制御で補償することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態:光強度変調成分除去フィルタ)図1は、本発明の光フィルタの第1の実施形態を示す。図において、本実施形態の光フィルタは、入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定した周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2により構成される。周波数スペクトル分離部1は、入力光のスペクトル成分を離散的かつ周期的に透過し、周波数スペクトル合波部2は分離された各スペクトル成分を合波する。

【0028】ここでは、周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2として、同一構造のアレイ導波路回折格子(AWG)を2つ組み合わせた構成を示す。アレイ導波路回折格子(AWG)は、基板10上に形成した複数の入力導波路11、スラブ導波路12、導波路長差を有する複数の導波路からなる導波路アレイ13、スラブ導波路14、複数の出力導波路15を順次接続した構成である。

【0029】図2は、周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2の透過特性の一例を示す。透過周波数帯域は、多重前の光パルス列の繰り返し周波数Tと、多重後の光パルス列の繰り返し周波数T'を満たすように設定される。各透過周波数帯域における透過率は任意に設定可能である。

【0030】ここで、図3を参照して本実施形態の光強度変調成分除去フィルタとしての作用について説明す

る。本光フィルタに入力される光TDM信号は、時間領域で多重化に伴う光強度変調成分を有し、周波数領域で多重前の繰り返し周波数成分、多重後の繰り返し周波数成分、光強度変調に依存した周波数成分（破線で示す）を有する。このような光TDM信号を図2に示す透過特性を有する光フィルタに通し、光強度変調に依存した周波数成分を除去することにより、時間領域での光強度変調成分を取り除くことができ、一様な強度の光パルス列を生成することができる。

【0031】（第2の実施形態：光強度変調成分除去フィルタ）図4は、本発明の光フィルタの第2の実施形態を示す。図において、本実施形態の光フィルタは、入力光パルス列の繰り返し周波数に対応して透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定した周波数スペクトル分離部1と、高反射率終端16と、光サーキュレータ17により構成される。

【0032】ここでは、周波数スペクトル分離部1としてアレイ導波路回折格子（AWG）を用いた構成を示す。アレイ導波路回折格子（AWG）の出力導波路15の他端に高反射率終端16を配置して折り返し構成とすることにより、1つのアレイ導波路回折格子（AWG）が周波数スペクトル分離部および周波数スペクトル合波部として機能する。ただし、この場合には入射光と出射光を分離するための光サーキュレータ17を備える。高反射率終端16には、被導波光に対して高反射率をもつコーティングまたはミラーを用いることができる。

【0033】また、本発明の光フィルタは、以上示したアレイ導波路回折格子（AWG）を用いた構成に限らず、例えば周期的な透過特性を有するリング共振器型フィルタで構成することも可能である。

【0034】（第3の実施形態：光強度変調成分除去フィルタ）図5は、本発明の光フィルタの第3の実施形態を示す。図において、本実施形態の光フィルタは、透過周波数帯域を離散的かつ周期的に設定した周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2との間に、各周波数スペクトル成分の位相を制御する周波数スペクトル位相制御部3を備えた構成である。周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2により、光TDM信号に重畠された光強度変調成分が除去される機能については、第1の実施形態と同様である。

【0035】ここでは、周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2として、第1の実施形態と同様にアレイ導波路回折格子（AWG）を用いた構成を示すが、その群速度分散のために透過した離散的かつ周期的な周波数スペクトル成分に位相ずれが生ずる。周波数スペクトル位相制御部3は、図6に示すように、各周波数スペクトル成分の位相を制御することにより、光フィルタがもつ分散を補償する。なお、周波数スペクトル位相制御部3に入射する光は、パルス状ではなく連続光になり、群遅延時間差はすべて位相差に置き換えること

ができるので、各周波数スペクトル成分の位相を制御するのみで、完全に群遅延時間差を補償することができる。

【0036】周波数スペクトル位相制御部3は、各周波数スペクトル成分を通す導波路ごとに例えばヒータ31を備え、それぞれ加熱または冷却して熱光学効果により導波路の屈折率を各々変化させることにより、光路長を変化させて各周波数スペクトル成分の位相を制御する。

【0037】（第4の実施形態：光強度変調成分除去フィルタ）図7は、本発明の光フィルタの第4の実施形態を示す。本実施形態の光フィルタは、第3の実施形態における周波数スペクトル位相制御部3の他端に高反射率終端16を配置して折り返し構成としたものである。この場合には、各周波数スペクトル成分は、周波数スペクトル位相制御部3を往復することになるので、位相制御量はスルー型の構成に対して1/2でよい。

【0038】（第5の実施形態：TLパルス生成フィルタ）光強度変調された光パルス列を出力するパルス光源において、その光パルスがTLパルスにならない主な原因として、

- ① 光パルスの周波数成分にチャーブ（時間的な周波数のずれ）がある、
- ② 周波数成分に不必要的発振モードがのっている、などがある。

【0039】ここで、光パルスが周波数チャーブをもたず、かつ不必要的発振モードのみを有する場合には、図1または図4に示すようなアレイ導波路回折格子（AWG）を用いた光フィルタやリング共振器型フィルタによりTLパルスの生成が可能である。すなわち、不必要的発振モードに起因する周波数成分を除去し、各透過周波数帯域ごとに所定の透過率を設定することにより、透過スペクトルの包絡線形状に対応するTLパルスを生成することができる。

【0040】図8を参照し、本実施形態のTLパルス生成フィルタとしての作用について説明する。本光フィルタに入力される光パルス列は、時間領域でパルス光源の共振器長に依存した理論値と異なる繰り返し周波数や1パルス中に複数のピーク（パルスの重畠）を有し、周波数領域で共振器長で決まる繰り返し周波数成分や不必要的発振モードに依存した周波数成分（破線で示す）を有する。このような光パルス列を透過周波数帯域が離散的かつ周期的であり、各透過周波数帯域ごとに所定の透過率を設定した光フィルタに通すことにより、共振器長で決まる繰り返し周波数と周波数成分の強度分布で決まる時間波形を有するTLパルスを生成することができる。

【0041】（第6の実施形態：TLパルス生成フィルタ）光パルスが周波数チャーブをもち、かつ不必要的発振モードを有する場合には、図5または図7に示すようなアレイ導波路回折格子（AWG）と周波数スペクトル位相制御部3を組み合わせた構成をとる。周波数スペク

トル位相制御部3は、図9に示すように、各周波数スペクトル成分の位相をTレパルスが生成されるように制御する。

【0042】このとき、通常のパルス光源はその共振器が有する分散によりある有限の位相ずれをもつて、その補償にはダイナミックレンジが大きく、かつ詳細な位相制御を要する。これは、被補償周波数成分が時間的に局在するためである。本発明では、時間的に局在する光を離散的な周波数成分ごとに分割することにより、すべての光において位相ずれは $0 \sim 2\pi$ になる。

[0 0 4 3]

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光フィルタは、光TDM信号に重畠された強度変調成分を周波数領域で波形整形することにより、強度変調成分に起因した通信品質の劣化を低減することができ、超高速光通信の実現が可能となる。

【0044】また、本発明の光フィルタは、TLパルスを直接発生できないパルス光源から、任意波形のTLパルスを生成することができるので、超高速光通信や超高速な光計測において経済的かつ制御が容易なシステムを構築することが可能となる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光フィルタの第1の実施形態を示す図。

【図2】周波数スペクトル分離部1および周波数スペクトル合波部2の透過特性の一例を示す図。

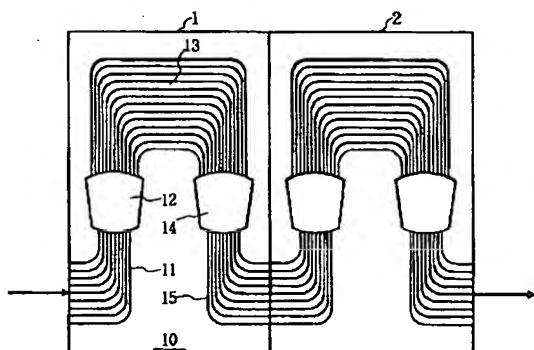
【図3】第1の実施形態（光強度変調成分除去フィルタ）の作用説明の図

#### 【図4】本発明の光フィルタの第2の実施形態を示す

【図5】本発明の光フィルタの第3の実施形態を示す

[圖 1]

## 本発明の光フィルタの第1の塞旗形膜

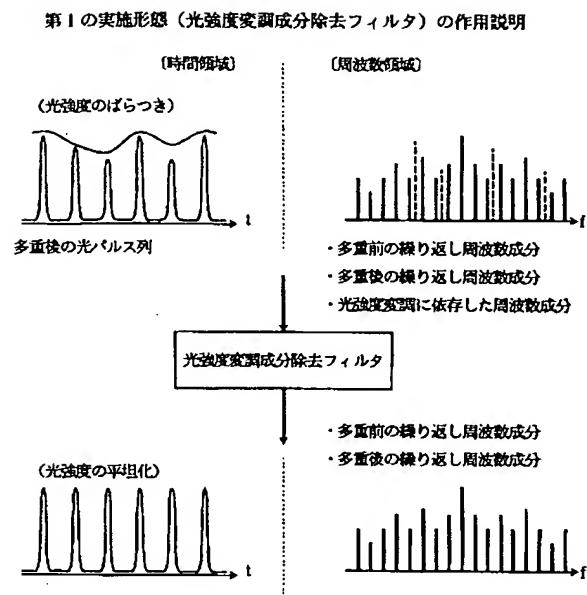


[图 2]

## 周波数スペクトル分離部 1 および周波数スペクトル合波部 2 の透過特性の一例



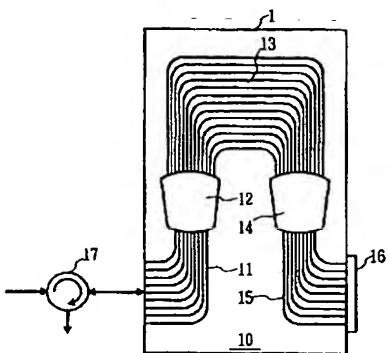
【図 3】



【図 5】

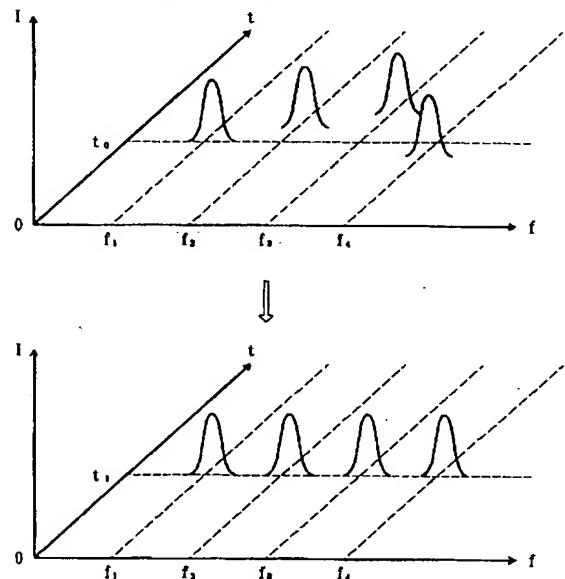
【図 4】

本発明の光フィルタの第2の実施形態



【図 6】

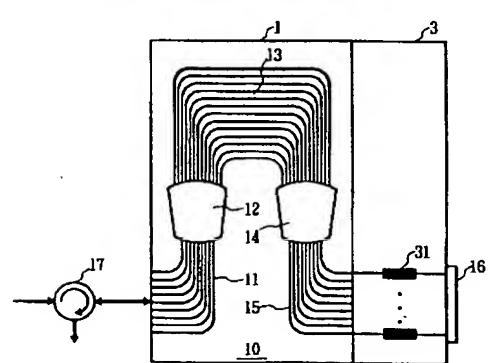
第3の実施形態（光強度変調成分除去フィルタ）の作用説明



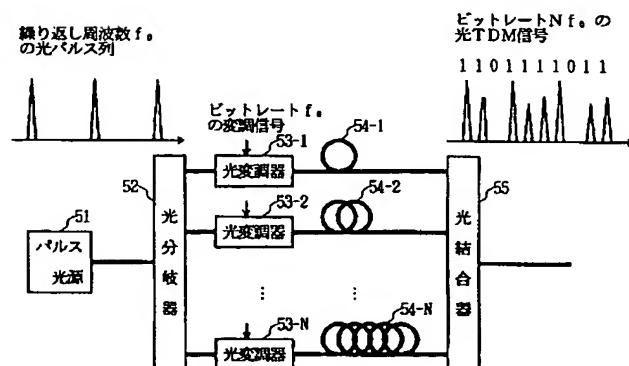
【図 7】

【図 10】

本発明の光フィルタの第3の実施形態

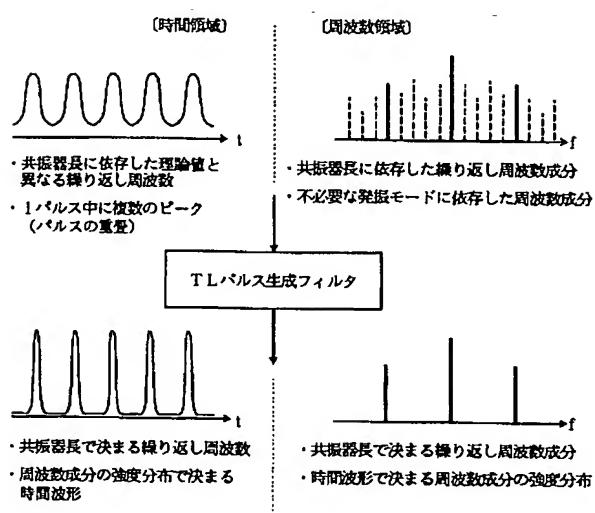


光TDMシステムの光送信器の構成例



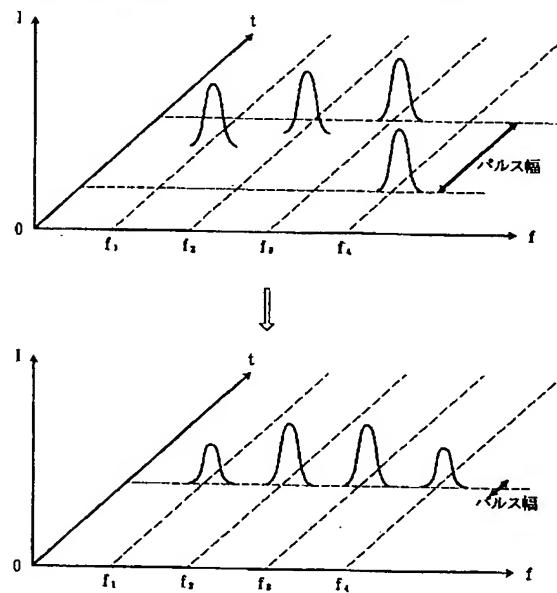
【図 8】

## 第5の実施形態（TLパルス生成フィルタ）の作用説明



【図 9】

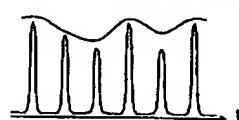
## 第6の実施形態（TLパルス生成フィルタ）の作用説明



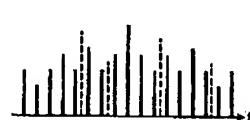
【図 11】

## 光TDM信号の時間領域における強度波形と周波数領域におけるスペクトル波形

(a) 時間領域における強度波形



(b) 周波数領域におけるスペクトル波形



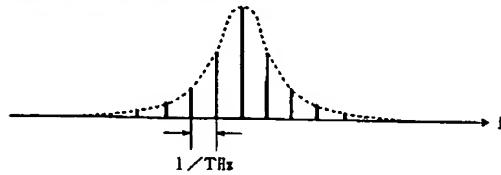
## 光パルス列における強度の包絡線

## 単一パルスの周波数スペクトルと繰り返し周波数Tの光パルス列の周波数スペクトル

(a) 単一パルスの周波数スペクトル



(b) 繰り返し周波数Tの光パルス列の周波数スペクトル



フロントページの続き

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 2H047 LA19 RA08 TA05 TA11 TA31

TA47

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**